

**Electromagnet for translatory drive**

Patent Number: DE19901679  
Publication date: 1999-08-12  
Inventor(s): ERLHOEFER HORST-DIETER (DE); RUFER MANFRED DIPL ING (DE)  
Applicant(s): KUHNKE GMBH KG H (DE)  
Requested Patent: ☐ DE19901679  
Application Number: DE19991001679 19990118  
Priority Number(s): DE19991001679 19990118; DE19982001860U 19980205  
IPC Classification: H01F7/13; H01F7/14; H01F7/16  
EC Classification: H01F7/08A, H01F7/13, H01F7/16A  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

The electromagnet has at least one coil (2) enclosed by a soft magnetic yoke (4), with a stationary core (5) and a relatively displaced magnetic armature (8), fitting through an opening in the base (16) of the yoke, with an air-gap (L1) between them. The armature has a necked section (11), so that the size of the air-gap is increased shortly before the end of the displacement path (S), with a maximum air-gap (L2) at the end of the latter. A retaining device (12) secured to the armature abuts the base of the yoke in the end position of the armature.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2





①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Off nlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 01 679 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 F 7/13**  
H 01 F 7/14  
H 01 F 7/16

②① Aktenzeichen: 199 01 679.8  
②② Anmeldetag: 18. 1. 99  
④③ Offenlegungstag: 12. 8. 99

DE 199 01 679 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:  
298 01 860. 8 05. 02. 98  
⑦① Anmelder:  
Kuhnke GmbH, 23714 Malente, DE  
⑦④ Vertreter:  
T. Wilcken und Kollegen, 23552 Lübeck

⑦② Erfinder:  
Erlhöfer, Horst-Dieter, 23738 Lensahn, DE; Rufer,  
Manfred, Dipl.-Ing., 23715 Bosau, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ Elektromagnet  
⑤⑦ Der Elektromagnet hat mindestens eine elektrisch bestrombare Spule, die von einem weichmagnetischen Joch wenigstens teilweise umgriffen ist, mindestens einen meist ortsfesten Kern sowie wenigstens einen beweglich gelagerten Anker, der unter Bildung eines Luftspaltes zumindest teilweise von einer Jochbrücke bzw. einem Jochboden umgriffen ist. Der Anker weist eine Querschnittsschwächung auf, wodurch sich der Luftspalt kurz vor dem Ende des Arbeitsweges vergrößert und am Ende des Arbeitsweges sein Maximum als größtmöglichen Luftspalt einnimmt. Weiterhin ist der Anker mit einer Haftvorrichtung verbunden, wobei in der elektrisch bestromten Endposition des Ankers die Anlagefläche der Haftvorrichtung an der Anlagefläche der Jochbrücke bzw. des Jochbodens vorzugsweise zur Anlage kommt.

DE 199 01 679 A 1

## Beschreibung

Diese Erfindung bezieht sich auf einen Elektromagneten mit mindestens einer elektrisch bestrombaren Spule die von einem weichmagnetischen Joch wenigstens teilweise umgriffen ist, mit mindestens einem, zumeist ortsfestem Kern, wenigstens einem beweglich gelagerten Anker, wobei der Anker unter Bildung eines Luftspaltes teilweise oder ganz von einer Jochbrücke umgriffen ist.

Derartige Magnete sind bekannt als Zug- oder als Hubmagnete. Hierbei wird ein axial beweglich gelagerter Anker bei Bestromung einer Spule mit Kraftüberschuß translatorisch bewegt, wobei der Kraftüberschuß als Nutzkraft zur Verfügung steht. Es sind auch Schwenkmagnete bekannt, deren beweglich gelagerte Anker vorzugsweise radial beweglich gelagert ist. Bei Bestromung der Spule baut sich hier ebenfalls ein magnetisches Feld auf, das auf den Anker wirkt, der hierdurch eine zuvor definierte Strecke durchschwenkt. Auch dieser Schwenkmagnet stellt an einer Abtriebswelle eine nutzbare Kraft als Drehmoment zur Verfügung.

All diesen Elektromagneten ist gemeinsam, daß sie nach Durchfahren ihrer Wegstrecke zum Verbleiben in dieser Position eine entsprechend hohe elektrische Halteleistung erfordern.

Diese aufzubringende Halteleistung bewirkt eine zusätzliche Erwärmung der Elektromagnete, d. h., daß sie für Dauerlast entsprechend groß ausgelegt werden müssen, um eine ausreichende Wärmeabfuhr zu erfüllen.

Es ist auch bekannt, Elektromagnete derart auszulegen, daß sie einerseits für die Zeit der aufzubringenden Arbeit von der Ruhe- in die Sollposition eine erhöhte elektrische Aufnahmeleistung erfordern, während diese Leistung in der Sollposition reduziert werden kann. Dieses geschieht beispielsweise durch die Verwendung von zwei unabhängig zu bestromenden Spulen. Es sind auch Einspulensysteme bekannt, bei denen die Anzugsleistung nach Erreichen der Sollposition abgesenkt wird. Dieses läßt sich z. B. dadurch erreichen, daß für den Beginn der Bewegungsphase bis zum Erreichen der vorgegeben Sollposition der Elektromagnet mit einer Überspannung kurzfristig betrieben wird, die nach Erreichen der Sollposition auf die zulässige Betriebsspannung abgesenkt wird. Gleiches läßt sich auch durch Takten der Ansteuerspannung erreichen, indem die Taktverhältnisse zwischen der Ein- und Ausschaltzeit der Spannung den entsprechenden Erfordernissen angepaßt werden.

All diesen Magneten ist zu eigen, daß sich aufgrund der geringeren Halteleistung letztendlich auch ein geringerer Kraftüberschuß bzw. ein geringeres nutzbares Enddrehmoment ergeben.

Hieraus leitet sich die Aufgabe ab, an sich bekannte Magnetsysteme dahingehend zu verbessern, daß diese bei entsprechender elektrischer Leistungsreduzierung eine hohe Endhaltekraft bzw. ein hohes Enddrehmoment zur Verfügung stellen.

Diese Aufgabe ist gemäß des kennzeichnenden Merkmals des Anspruchs 1 gelöst. Der Elektromagnet gemäß dieser Erfindung weist eine elektrisch bestrombare Spule auf, die vorzugsweise auf einen isolierenden, magnetisch nicht leitenden Spulenkörper gewickelt ist. Dieses Spulensystem ist mindestens teilweise von einem weichmagnetischen Joch umgriffen, das bodenseitig mit einem Kern, möglichst ohne Zwischenraum, flächig verbunden ist. Bei Zug- oder Haftmagneten ist dieser Kern teilweise in das Spuleninnere hineinragend. Der bewegliche Teil ist ein Anker, der bei Hub- und Zugmagneten eine translatorische Bewegung ausführt, bei Schwenkmagneten eine winkelbegrenzte Verschwenkung. Der erfindungsgemäße Gedanke wird im folgenden

beispielhaft an einem Hub-/Zugmagneten erläutert.

Das, das Spulensystem umhüllende Joch wird gegenüber seiner Kernseite mit einer Jochbrücke abgedeckt, die in der Materialdicke eine Durchbrechung aufweist, die von dem bewegbaren Anker durchdrungen ist. Der Anker taucht vorzugsweise bis über die Hälfte der Spulenlänge in die Spule ein. Die Durchbrechung der Jochbrücke für den Anker bildet zur Mantelfläche des Ankers ein Spiel aus, das als magnetischer Luftspalt bezeichnet wird, das möglichst klein sein sollte, um einen geringen magnetischen Übergangswiderstand zwischen Jochbrücke und Anker zu bilden.

Die Stirnfläche des Ankers, die der in die Spule eingetauchten Stirnfläche des Ankers gegenüberliegt, ist mit einer Haftvorrichtung verbunden, wobei die Verbindung beispielsweise durch Schrauben erfolgen kann. Diese Haftvorrichtung kann als planparallele, glatte Scheibe ausgebildet sein, ebenso auch als Scheibe mit einer axialen Ausnehmung, als Abschnitt einer Scheibe oder in anderer Geometrie.

Die Länge des Ankers ist so bemessen, daß die Haftvorrichtung vorzugsweise an der Jochbrücke dann zur Anlage kommt, wenn der Anker die bestromte Endposition einnimmt. Zweckmäßigerweise erfolgt der mechanische Anschlag bei Erreichen der bestromten Endposition des Ankers durch die Anlage der Haftvorrichtung an der Jochbrücke.

Der Anker seinerseits erhält im annähernden Bereich der Haftvorrichtung eine Querschnittsschwächung als in die Ankeroberfläche eingebrachte umlaufende Nut oder als z. B. gefräste Teilnut oder als angedrehten Rezeß oder aber auch beispielsweise als gefräste Flächen.

Die Länge dieser Querschnittsschwächung sollte in bestromter Endposition des Ankers den Bereich der Materialdicke der Jochbrücke vorzugsweise überspringend überdecken. Hierdurch ergibt sich eine enorme Vergrößerung des ursprünglich geringen Luftspaltes zwischen der Mantelfläche der Durchbrechung der Jochbrücke und der Mantelfläche des diese Durchbrechung durchgleitenden Ankers. Das magnetische Wirkprinzip ist wie folgt:

Es ist bekannt, daß magnetischen Feldlinien den Weg des geringsten Widerstandes wählen. Dieses ist normalerweise ein in sich geschlossener weichmagnetischer Eisenkreis. Der magnetische Kreis beispielsweise eines unbestromten Hubmagneten ist nicht geschlossen, sondern durch Luftspalte gekennzeichnet. Hierbei findet sich zunächst einmal ein Luftspalt, der sich zwangsläufig durch das Erfordernis der Bewegung des Ankers ergibt. Dieser Luftspalt ist in dem beschriebenen Beispiel das Spiel zwischen der inneren Mantelfläche der Durchbrechung in der Jochbrücke und der äußeren Mantelfläche des Ankers in unbestromter Endposition. Dieser Luftspalt wird möglichst gering gehalten. Weiterhin ist ein Luftspalt als Arbeitsluftspalt vorgesehen, der in diesem Beispiel gleichzeitig den Arbeitsweg beschreibt.

Wird die Spule bestromt, bildet sich ein magnetisches Kraftfeld aus. Die Feldlinien treten aus der Spule überwiegend im Spuleninneren aus und finden ihren geringsten magnetischen Widerstand in dem mit der Spule zusammenwirkenden weichmagnetischen Kreis aus Kern, Joch, Jochbrücke und Anker.

Hierbei ist das magnetische Kraftfeld bestrebt, den Luftspalt möglichst zu verringern. Der radiale Luftspalt zwischen der inneren Mantelfläche der Durchbrechung der Jochbrücke und der äußeren Ankermantelfläche läßt sich nicht weiter verringern, wohl aber der durch den Arbeitsweg bedingte Arbeitsluftspalt. Ist die eingegebene elektrische Leistung ausreichend, ist das Kraftfeld in der Lage, den Arbeitsweg, den sogenannten Hub oder Arbeitshub zu durchfahren und hierdurch den Arbeitsluftspalt zu verringern. Dabei taucht der Anker tiefer in das Spuleninnere ein; er wird

von der im Spuleninneren liegenden Kernseite angezogen. Nach einer bestimmten Wegstrecke weist der erfindungsgemäße Anker die genannte Querschnittsschwächung auf. Diese Querschnittsschwächung taucht in den Bereich der Durchbrechung der Jochbrücke, wodurch sich der diesbezügliche Luftspalt wesentlich erhöht, d. h., daß der magnetische Widerstand in diesem Bereich stark zunimmt. Kurz vor der bestromten Endposition hat sich jedoch bereits die Haftvorrichtung der Oberfläche der Jochbrücke soweit genähert, daß nunmehr die Feldlinien aus der der Haftvorrichtung zugeneigten Oberfläche der Jochbrücke austreten und in die Haftvorrichtung eintreten. Hier ergibt sich nunmehr ein wesentlich geringerer magnetischer Widerstand für die Feldlinien, als der Luftwiderstand durch die Querschnittsschwächung des Ankers, so daß sich das magnetische Kraftfeld nunmehr über die Haftvorrichtung ausbildet und wirksam wird. Aufgrund dessen und der größeren Fläche des Kraftfeldüberganges steht somit eine entsprechend hohe Magnetkraft zur Verfügung. Mit entsprechendem Kraftüberschuß durchfährt der Anker die verbleibende Reststrecke des Arbeitsweges, der etwa in der Größenordnung der Materialdicke der Jochbrücke liegt. Am Ende des vorgegebenen Arbeitsweges gelangt die Haftvorrichtung an der dieser zugeneigten Oberfläche der Jochbrücke zweckmäßigerweise zur mechanischen Anlage. Es ergibt sich eine vielfach erhöhte Haltekraft im Zustand der bestromten Endposition des Ankers.

Hieraus läßt sich ableiten, daß in diesem so eingenommenen Zustand der erhebliche und z. T. nicht erforderliche Kraftüberschuß durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung genutzt werden kann, um die elektrische Leistung entsprechend zu reduzieren. Neben dem reduzierten Energieverbrauch ergibt sich vorteilhaft gleichzeitig eine geringere Erwärmung des Elektromagneten, so daß von vornherein der Elektromagnet baulich kleiner, nur auf die tatsächlich erforderliche Kraft hin, ausgelegt werden kann.

Die mit dem Anker verbundene Haftvorrichtung kommt vorzugsweise an einem als Anschlagfläche ausgestalteten Steg zur Anlage. Dieser Steg kann entweder auf der Haftvorrichtung und/oder auf der Jochbrücke ausgebildet sein. Der Vorteil eines solchen Steges ist einerseits eine einfach herstellbare gleichmäßige Anschlagfläche, andererseits bei entsprechender Ausgestaltung eine Fokussierung der magnetischen Feldlinien – mit den bekannten Vorteilen – auf den Bereich des Steges.

Es ist aber auch möglich, Haftvorrichtung und Jochbrücke vollflächig oder teilflächig zur Anlage bzw. zum Anschlag zu bringen.

Zur Lösung mancher Anwenderaufgaben kann es auch sinnvoll sein, zwischen beiden Anschlagflächen, der der Haftvorrichtung und der der Jochbrücke, einen magnetischen Luftspalt vorzusehen. Dieser Luftspalt kann z. B. durch Galvanikverfahren dadurch erreicht werden, indem die Anschlagflächen mit einer magnetisch nichtleitenden Schicht überzogen werden. Der mechanische Anschlag bei der Anschlagflächen erfolgt dann auf dieser galvanischen Schicht, wobei diese Schicht dann den magnetischen Luftspalt darstellt. Durch einen solchen Luftspalt lassen sich z. B. werkstoffbedingte Remanenzerscheinungen nach Abschalten der elektrischen Steuerspannung weitgehend kompensieren.

Die Querschnittsschwächung – im, der Haftvorrichtung zugeordneten Ankerbereich kann z. B. eine umlaufende, in den Anker eingestochene Nut sein. Die Breite und Lage dieser Nut auf dem Anker ist so bemessen, daß diese in der bestromten Endposition des Ankers die Dicke der Durchdringung der Jochbrücke vorzugsweise geringfügig überschreitet. Das heißt, in bestromter Endposition des Ankers liegt

die Durchdringung der Jochbrücke innerhalb der Breite der eingebrachten Nut. Fertigungstechnisch dürfte diese Querschnittsschwächung jedoch rationeller herstellbar sein, wenn diese – statt einer Nut – als von der Stirnfläche her angegedrehter Rezeß ausgeführt ist. Hierbei endet die Rezeßlänge, von der Ankerstirnseite der Haftvorrichtung her gesehen, an der vergleichbaren, der Haftvorrichtung entfernteren Einstichfläche einer Nut.

Bei Erfordernis läßt sich die Haftvorrichtung auch mit hartmagnetischen Eigenschaften ausgestalten. Hierbei kann die Kraft eines Hartmagneten dann die elektromagnetische Haltekraft unterstützen.

Der nutzbare Kraftabgriff steht über den translatorisch bewegten Anker zur Verfügung. Bei Schwenkmagneten erfolgt der Abgriff an einer schwenkbeweglich gelagerten Abtriebswelle. Hier steht die Kraft als nutzbares Drehmoment zur Verfügung.

Anhand der Zeichnung wird das Funktionsprinzip im einzelnen näher erläutert. Hierin zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Elektromagneten in unbestromter Ausgangsposition,

Fig. 2 zeigt den Magneten nach Fig. 1, jedoch in bestromter Endposition,

Fig. 3 einen weiteren Magneten in unbestromter Ausgangsposition,

Fig. 4 den Magneten nach Fig. 3, jedoch in bestromter Endposition,

Fig. 5 zeigt ein Kraft-Weg-Diagramm.

Der Elektromagnet 1 besteht aus einer bestrombaren Spule 2, die vorzugsweise auf einen elektrisch isolierenden, magnetisch nicht leitendem Spulenkörper aufgebracht ist. Dieser Spulenkörper ist innen hohlzylindrisch ausgebildet, um sowohl den Anker 8, wie auch den Kern 5 aufzunehmen.

Dieses Spulensystem, besteht aus der Spule 2 und dem Spulenkörper 3 und wird mindestens teilweise von einem weichmagnetischen Joch 4 umgriffen. Dieses Joch kann beispielsweise ein U-förmiges Stanzbiegeteil sein, das an seinem U-Boden mit dem Kern 5 verbunden ist.

Der Kern 5 weist an seiner zum Spuleninneren geneigten Seite einen Innenkegel auf, der durch die Mantelfläche 6 und den Kegelboden 7 begrenzt ist. Im hohlzylindrischen Teil der Spule ist ein Anker 8 beweglich gelagert, der an seiner, in die Spule hineinragendem Teil mit einem Außenkegel versehen ist, welcher durch die Kegelmantelfläche 9 und die Stirnseite 10 begrenzt ist. Der Innenkegel des Kernes 5 und der Außenkegel des Ankers 8 sind geometrisch aufeinander abgestimmt. Zwischen der Stirnfläche 10 des Außenkegels und dem Kegelboden 7 besteht im nichtbestromten Zustand, d. h., in der Ausgangsposition dieses Elektromagneten ein Abstand, der als Arbeitsweg S bezeichnet ist. Über diesen Arbeitsweg hinweg liefert der beschriebene Elektromagnet bei Bestromung eine entsprechende Nutzkraft, die umso größer wird, je weiter sich der Anker 8 dem Kern 5 nähert. – Abhängig von der einander zugeneigten Ausgestaltung von Kern und Anker lassen sich der nutzbare Arbeitsweg S und der Verlauf der Kraft-Weg-Kennlinie eines Elektromagneten festlegen.

Der Anker 8 ragt um mindestens diesen nutzbaren Arbeitsweg S in unbestromtem Zustand aus dem Magneten heraus. Auf dieser, aus der Magnetspule herausragenden Seite ist der Anker 8 mit einer Querschnittsschwächung 11 versehen, die beispielsweise als umlaufende Nut in den Anker eingestochen ist. Auf seinem, der inneren Stirnfläche 10 gegenüberliegenden äußeren Stirnfläche ist der Anker mit einer Haftvorrichtung 12 verbunden. Diese Verbindung kann beispielsweise eine Schraubverbindung 15 sein. Die Haftvorrichtung 12 ist mit einer Ausnehmung 13 versehen, so daß sich in Richtung Spulensystem eine Anlagefläche 14

ausbildet.

Das das Spulensystem umgreifende Joch 4 ist U-förmig ausgebildet und auf seiner offenen U-Seite durch eine Jochbrücke 16 aus weichmagnetischem Material abgedeckt, so daß diese Jochbrücke 16 an der jeweiligen Anlagefläche 19 der offenen U-Schenkel zur Anlage kommt. Die Jochbrücke 16 weist eine Durchbrechung auf, durch welche der Anker mit radialem Spiel beweglich hin- und herverschiebbar ist. Die innere Mantelfläche 161 dieser Durchbrechung innerhalb der Jochbrücke 16 ist umfänglich größer, als die Außenmantelfläche 81 des Zylinders 8. Hierdurch ergibt sich das Spiel zwischen den Mantelflächen 161 und 81, daß in dieser Anordnung bei einem Elektromagneten als Luftspalt  $L_1$  bezeichnet wird.

Um entsprechend hohe Haltekräfte im angezogenen Zustand zu erreichen, ist es zweckmäßig, den Abstand  $A_1$  zwischen den Anlageflächen 14 und 18 geringfügig kleiner zu halten, als die Strecke S. Hierdurch wird erreicht, daß in bestromter Endposition die Anlageflächen 14 und 18 Berührungskontakt haben und eine maßliche Beabstandung der Kegelstirnflächen 7 und 10 gegeben ist.

Die Ausnehmung 13 der Haftvorrichtung 12 wählt man, um einerseits eine höhere magnetische Flußdichte durch Fokussierung der magnetischen Feldlinien im Bereich der Anlageflächen 14, 18 zu erhalten, andererseits ist es mit der verbleibenden Anlagefläche 14 einfacher, einen flächigen Kontakt zur Anlagefläche 18 herzustellen, als wenn die Haftvorrichtung 12 ohne Ausnehmung wäre.

Wie bereits vorn erwähnt, erfolgt die magnetische Flußrichtung bei Bestromung in der nach Fig. 1 dargestellten Ausgangsposition derart, daß die aus der Spule, vornehmlich im Spuleninneren, austretenden magnetischen Feldlinien über den Kern 5, das Joch 4, die Jochbrücke 5, den Luftspalt  $L_1$  in den Anker 8 eintreten und bestrebt sind, den magnetischen Widerstand der durch den Arbeitsweg S gegeben ist, zu überwinden bzw. zu reduzieren.

Die in Fig. 2 dargestellte Arbeitsposition zeigt den in die Spule eingetauchten Anker 8, wobei sich die Strecke des Arbeitsweges S auf das minimal mögliche Maß reduziert hat. Die Querschnittsschwächung 11 im Anker 8 überdeckt nunmehr die Dicke 17 der Jochbrücke 16, so daß sich für die magnetischen Feldlinien von der Jochbrücke 16 in den Anker 8 hinein ein erheblich größerer Luftspalt  $L_2$  ergibt. Andererseits kommt die Anlagefläche 14 der Haftvorrichtung 12 an der Anlagefläche 18 der Jochbrücke 16 zur Anlage. Hierdurch ergibt sich für die magnetischen Feldlinien ein anderer, wesentlich widerstandsärmerer Weg, in dem die Feldlinien nunmehr im Bereich der Anlagefläche 14 aus der Jochbrücke 16 in die Haftvorrichtung 12 eintreten. Aufgrund des flächigen Kontaktes zwischen der Haftvorrichtung 12 und der äußeren Stirnseite des Ankers 8, ist nun der magnetische Feldlinienverlauf wie folgt: Aus dem Spuleninneren in den Kern 5 eintretend, weiter in das Joch 4, die Jochbrücke 16, im Bereich 18 aus der Jochbrücke 16 austretend in die Haftvorrichtung 12, und in die Stirnseite des Ankers 8.

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der einerseits der Kern 50 eine Durchbrechung 51 für einen vorzugsweise unmagnetischen Kraftabgriffsstößel 151 aufweist. Dieser Kraftabgriffsstößel durchdringt gleichzeitig den Anker 80 auf seiner gesamten Länge und dient außerdem als Schraubbefestigung 150 für die Haftvorrichtung 120. Dieser Kraftabgriffsstößel 151 ist mit dem Anker kraft- und/oder formschlüssig verbunden. Der Kern 50 ist hier ebenfalls im hohlzylindrischen Teil eines Spulenkörpers 30 aufgenommen, der mit einer Spule 20 bewickelt ist. Gleichzeitig weist der Kern auf der in das Spuleninnere gerichteten Seite einen Innenkegel 60 auf, der auf den Außenkegel 90 des Ankers

80 geometrisch abgestimmt ist.

Das, das Spulensystem 20, 30 umgreifende weichmagnetische Joch 40 kann in diesem dargestellten Beispiel als rotationssymmetrisches Teil ausgebildet sein, das einseitig und einstückig durch einen Boden 160, der als Jochbrücke dient, verschlossen ist. Dieser Boden 160 enthält ebenfalls eine Durchbrechung 200, durch welche der Anker 80 mit seiner Mantelfläche 210 beweglich gleiten kann. Zwischen der inneren Mantelfläche der Durchbrechung 200 und der äußeren Mantelfläche 210 des Ankers 80 besteht ebenfalls ein Spiel, daß den magnetischen Luftspalt  $L_1$  im unbestromten Zustand des Elektromagneten darstellt. Die dem Boden 160 gegenüberliegende Seite des Joches 40 wird im Bereich 400 durch den entsprechend ausgestalteten Kern 50 durch dessen Außenumfang 500 verschlossen. Hierbei wird Wert darauf gelegt, daß möglichst zwischen den Berührungsflächen 400, 500 kein Spiel auftritt, sondern daß entsprechenden Flächenkontakt gegeben ist, um den magnetischen Feldlinien einen möglichst geringen Widerstand in diesem Bereich zu bieten.

Der Jochboden 160 ist auf seiner nach außen gerichteten Fläche mit einer Ausnehmung 130 versehen, so daß eine Restdicke 170 des Bodens 160 verbleibt. Durch diese Ausnehmung bildet sich die Anlagefläche 180, die mit der Anschlagfläche 140 der Haftvorrichtung 120, die in diesem Fall z. B. eine planparallele, gestanzte Scheibe aus weichmagnetischem Werkstoff sein kann, im bestromten Zustand zusammenwirkt.

Der Anker 80 weist an seiner der Haftvorrichtung 120 zugewendeten Seite eine Querschnittsschwächung 110 auf, die vorzugsweise als abgestufter Rezeß kleineren Durchmessers als die Mantelfläche 210 des Ankers ausgebildet ist.

In Fig. 4 ist die bestromte Anker-Endposition des Elektromagneten nach Fig. 3 dargestellt. In dieser Position sind die Anlageflächen 140 der Haftvorrichtung 120 und die Anlagefläche 180 des Bodens 160 zur Anlage gebracht. Zwischen der inneren Mantelfläche der Durchbrechung 200 und dem Rezeß 110 ergibt sich auch in diesem Fall der große Luftspalt  $L_2$ .

Aus Fig. 5 lassen sich die Vorteile dieser Neuerung gegenüber dem Stand der Technik aus zwei vergleichenden Kraft-Weg-Kennlinien deutlich erkennen. Hierbei entspricht die Kraft-Weg-Kennlinie I den Verhältnissen, die den Grundgedanken dieser Erfindung verwirklichen. Die Kennlinie II zeigt das Kraft-Weg-Verhalten eines Elektromagneten gemäß dem bekannten Stand der Technik.

Werden beide Kennlinien verglichen, ist zu erkennen, daß bereits zu Beginn der Ankerbewegung mit dem erfindungsgemäßen Magneten einerseits eine höhere Anfangskraft, andererseits auch eine höhere Endkraft zur Verfügung steht. Diese Vorteile fassen sich zur Reduzierung der elektrischen Energie nutzen. Gleichzeitig ist auch bei gleicher Kraftabgabe, wie bei einem Magnet gemäß dem Stand der Technik, eine erhebliche Reduzierung der Baugröße des erfindungsgemäßen Elektromagneten gegeben.

#### Patentansprüche

1. Elektromagnet mit mindestens einer elektrisch bestrombaren Spule (2, 20), die von einem weichmagnetischen Joch (4, 40) wenigstens teilweise umgriffen ist, mit mindestens einem, zumeist ortsfestem Kern (5, 50), wenigstens einem beweglich gelagerten Anker (8, 80), wobei der Anker (8, 80) unter Bildung eines Luftspaltes ( $L_1$ ) teilweise oder ganz von einer Jochbrücke in (16) bzw. einem Jochboden (160) umgriffen ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Anker (8, 80) eine Querschnittsschwächung (11, 110) aufweist, wodurch

sich der Luftspalt ( $L_1$ ) kurz vor dem Ende des Arbeitsweges (S) vergrößert und am Ende des Arbeitsweges (S) sein Maximum ( $L_2$ ) als größtmöglichen Luftspalt einnimmt, daß der Anker (8, 80) weiterhin mit einer Haftvorrichtung (12, 120) verbunden ist und daß in der elektrisch bestromten Endposition des Ankers (8, 80) die Anlagefläche (14, 140) der Haftvorrichtung (12, 120) an der Anlagefläche (18, 180) der Jochbrücke (16) bzw. des Jochbodens (160) vorzugsweise zur Anlage kommt.

2. Magnet nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (A,) am Ende des Arbeitsweges (S) geringer ist, als der Luftspalt ( $L_2$ ).

3. Magnet nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Anker (8, 80) mit der Haftvorrichtung (12, 120) kraft- und/oder formschlüssig verbunden ist.

4. Magnet nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsschwächung (11, 110) des Ankers (8, 80) der Ankerseite zugeordnet ist, an der die Haftvorrichtung (12, 120) angebracht ist.

5. Magnet nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Haftvorrichtung (12) ankerseitig eine Ausnehmung (13) aufweist.

6. Magnet nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Haltevorrichtung (120) eine Scheibe ist.

7. Magnet nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsschwächung (11) eine vorzugsweise umlaufende Nut ist.

8. Magnet nach Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsschwächung (110) an der der Haftvorrichtung (12, 120) zugeordneten Stirnfläche des Ankers ausmündet.

9. Magnet nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Haftvorrichtung (12, 120) aus weichmagnetischem Werkstoff besteht.

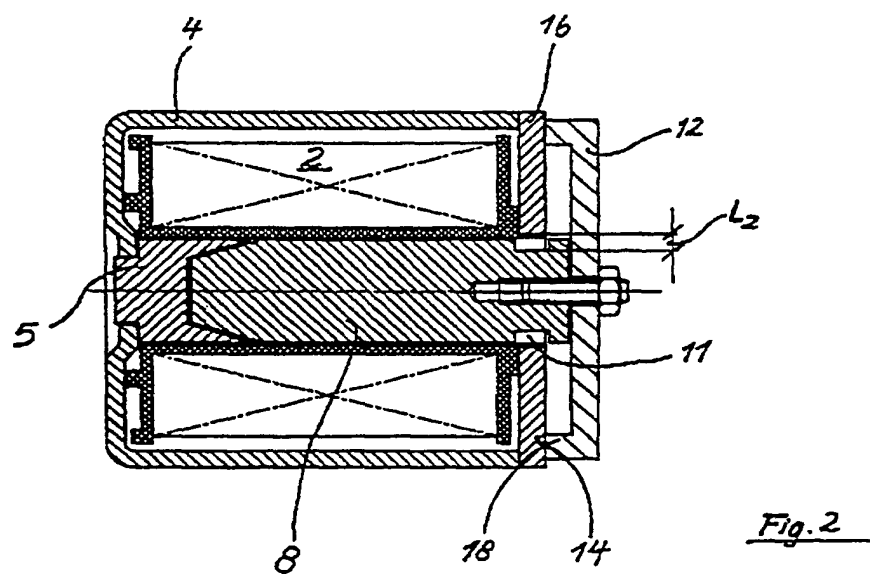
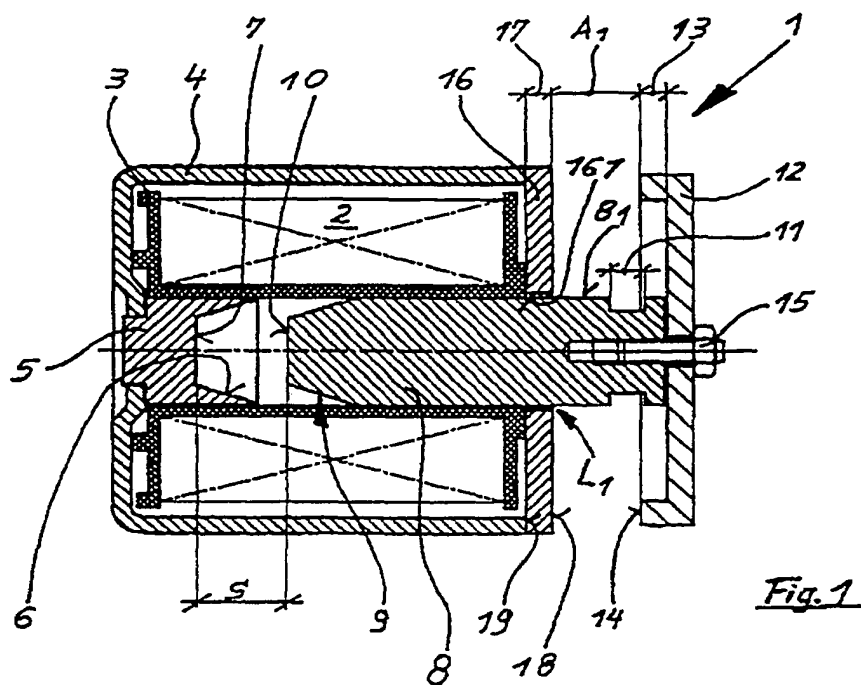
10. Magnet nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromagnet (1) ein Hub- und/oder ein Zugmagnet ist.

11. Magnet nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromagnet ein Schwenkmagnet ist.

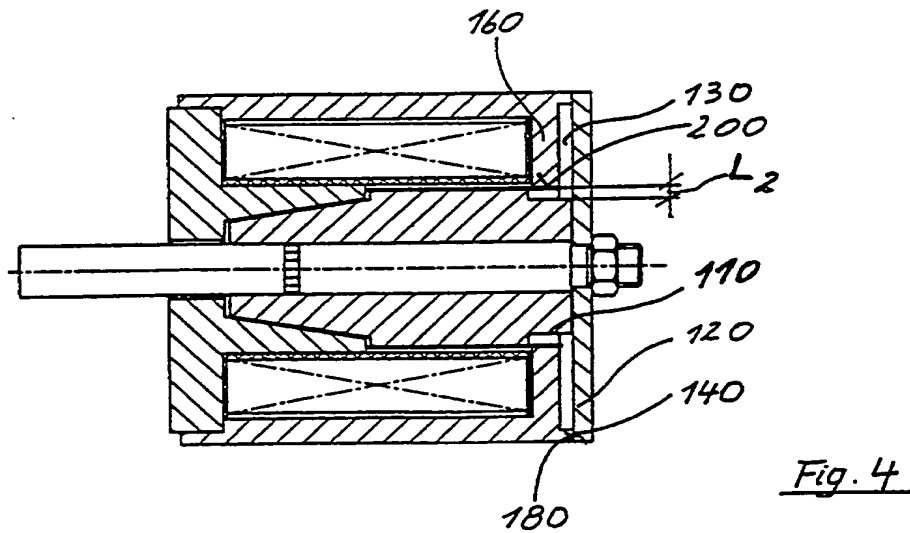
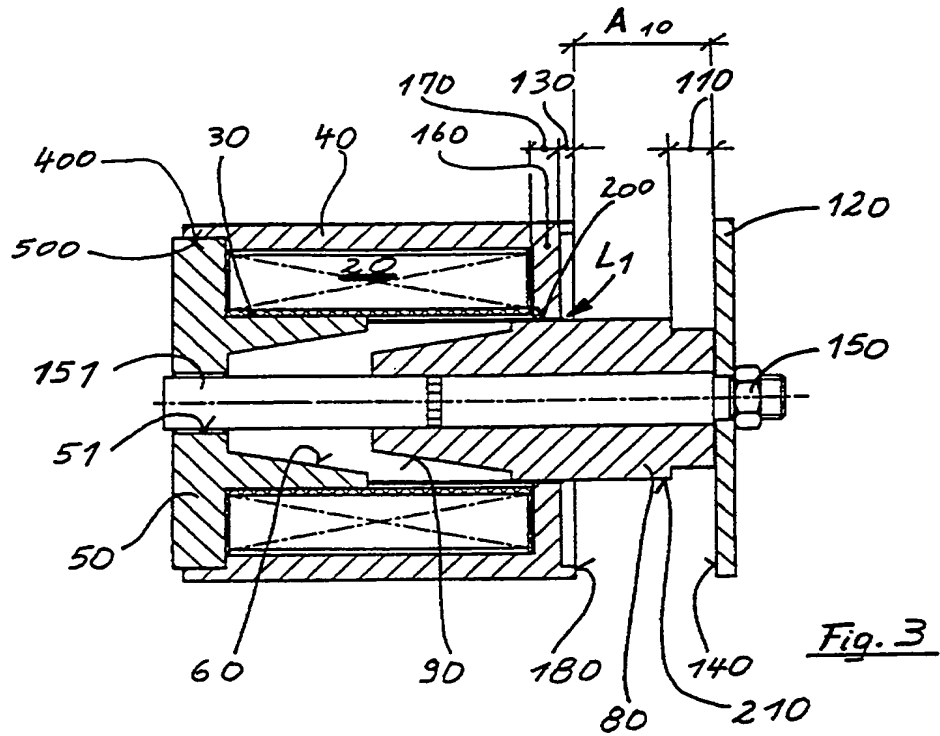
---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---







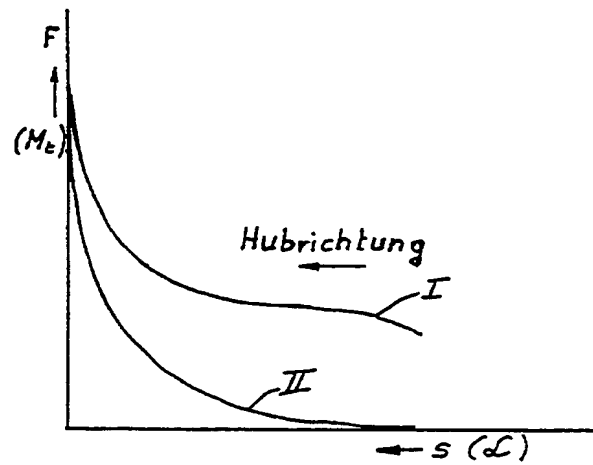


Fig. 5

$F, s \rightarrow$  Hub-/Zugmagnet  
 $(M_e; L) \rightarrow$  Schwenkmagnet